

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

⑩ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenl gungsschrift

⑩ DE 195 27 146 A1

⑯ Int. Cl. 6:

H01L 21/28

H 01 L 21/8238

H 01 L 21/266

(1)

⑪ Aktenzeichen: 195 27 146.7

⑪ Anmeldetag: 25. 7. 95

⑪ Offenlegungstag: 30. 1. 97

⑦1 Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:

Kerber, Martin, Dr.rer.nat., 81827 München, DE

⑧ Entgegenhaltungen:

US 54 13 948

US 54 13 945

JP 07-78 984 A2

JP 3-1 16 784 A2 in: Patent Abstracts of Japan, E-1099, 12.08.1991, Vol. 15, No. 315;

JP 3-2 27 085 A2 in: Patent Abstracts of Japan, E-1151, 08.01.1992, Vol. 16, No. 4;

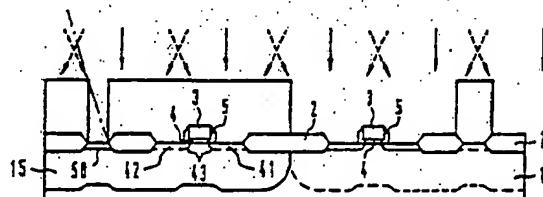
JP 5-1 45 030 A2 in: Patent Abstracts of Japan, E-1437, 22.09.1993, Vol. 17, No. 528;

JP 4-34 968 A2 in: Patent Abstracts of Japan, 19.05.1992, Vol. 18, No. 210;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Herstellung eines selbstjustierten Kontaktes und eines dotierten Bereichs

⑤5 Das Verfahren sieht vor, daß eine Maskierungsschicht (1) auf dem Halbleitermaterial (1) aufgebracht und derart strukturiert wird, daß in einem ersten Bereich (8), in dem der Kontakt vorgesehen ist, eine Öffnung (10) mit einem Aspektverhältnis so gebildet wird, daß der Aspektwinkel (20) zwischen einer Diagonalen und der Normalen auf das Halbleitermaterial kleiner als ein auf die Maskierungsschicht gerichteter Einfallswinkel (30) ist, daß in einem zweiten Bereich, in dem der dotierte Bereich (7) vorgesehen ist, ein Steg (12) der Maskierungsschicht verbleibt, wobei der dotierte Bereich durch eine schräge Implantation von Atomen einer ersten Leitfähigkeit unter dem Einfallswinkel (30) als Implantationswinkel erzeugt wird und der Kontakt (40) durch eine im wesentlichen senkrechte Implantation von Atomen einer zweiten Leitfähigkeit erzeugt wird. Die Erfindung ermöglicht es, eine Halbleiterwanne, die Source-/Drain-Bereiche der in dieser Wanne befindlichen MOS-Transistoren und die Kontaktbereiche der dazu komplementären Wanne mit einer Maske zu implantieren.



DE 195 27 146 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 98 602 085/136

7/26

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines selbstjustierten Kontaktes und eines dotierten Bereichs in einem Halbleitermaterial.

Integrierte CMOS-Schaltkreise werden mit einer Vielzahl von Prozeßschritten hergestellt. Die Herstellungskosten dieser Schaltkreise werden dabei durch die Prozeßkomplexität und die physikalische Bearbeitungszeit bestimmt. Hochkomplexe Bausteine erfordern deshalb mehrere hundert einzelne Prozeßschritte bis zum fertigen Produkt und eine Vielzahl von Tagen für den Prozeßdurchlauf und die Herstellung des Produkts.

Integrierte CMOS-Schaltkreise, die auf einkristallinen Siliziumscheiben hergestellt werden, erfordern üblicherweise mindestens sieben Fototechnikschrifte für den Grundprozeß zur Herstellung der Schaltkreisfunktionen in dem Silizium und fünf Fototechnikschrifte für zwei Metallisierungsebenen samt Passivierung. Ein typischer Prozeß umfaßt eine erste Maske für eine selbstjustierte Wannenimplantation in dem Siliziumsubstrat mit einem nachfolgenden termischen Eintrebschritt, eine zweite Maske zur Herstellung einer Feldisolationszone, beispielsweise durch lokale Oxidation, eine dritte Maske zur Einstellung einer Einsatzspannung eines MOS-Transistors, wobei die Einsatzspannung eines NMOS-Transistors typischerweise ganzflächig erfolgt und die Maske dann für einen PMOS-Transistor erforderlich ist.

An die vorgenannten Schritte schließen sich eine vierte Maske für die Gatestrukturierung, eine fünfte Maske für eine niedrig dotierte Source-/Drainimplantation des NMOS-Transistors, die sogenannte LDD-Implantation, sowie eine sechste Maske für die Herstellung der hochdotierten Drain des NMOS-Transistors an. Die siebte Maske schließlich ist erforderlich für die Implantation der Drain des PMOS-Transistors.

Nach der Erzeugung ganzflächiger Isolationszwi-schenschichten mit Kontaktlöchern durch eine achte sind die neunte bis elfte Maske für die Metallisierung einer ersten Schicht, für die Erzeugung von Kontaktlöchern und für eine zweite Metallisierungsschicht vorgesehen. Die Metallisierungen sind üblicherweise aus Aluminium. Eine zwölfte Maske schließt sich daran an, um eine Passivierungsschicht zu erzeugen.

In Schaltkreisen, die zusätzlich noch weitere Elemente haben, beispielsweise einen Kondensator oder einen Widerstand, können weitere Masken erforderlich sein. Grundsätzlich ist es immer wünschenswert, eine möglichst geringe Anzahl von Prozeßschritten zu haben, um die Herstellungskosten und die Durchlaufzeit zu senken.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines selbstjustierten Kontaktes und eines dotierten Bereichs anzugeben, das eine geringere Anzahl von Prozeßschritten erfordert.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß ein erheblicher Aufwand für die Herstellung von CMOS-Schaltkreisen mit einer Verringerung der Anzahl der Maskenschritte möglich ist. Durch die laufende Verbesserung der Implantationsgeräte und durch die Skalierung von Schichtdicken ist es zwar möglich, die Wannenimplantierungen nach der Herstellung der Feldisolationszonen durchzuführen. Dadurch wird der zeitaufwendige Wanneneintrebschritt eingespart. Allerdings bleibt durch die Kombination mit einer Maske zur Einstellung der PMOS-Einsatzspannung die Gesamtzahl der Masken unverändert.

Die Erfindung sieht vor, daß die notwendige Anzahl der Fototechnikschrifte bzw. die Anzahl der Masken im Grundprozeß zur Herstellung eines selbstjustierten Wannen- oder Substratkontakts und einer Wanne auf eine Maske reduziert wird. Dies ist möglich, indem die für die Realisierung der Elemente notwendigen Implantationen in einem Schritt erfolgt, für den nur eine Maske erforderlich ist.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß eine Maske eingespart werden kann. Dementsprechend wird der Gesamtprozeß weniger komplex. Die Herstellungskosten werden gegenüber modernen Prozessen deutlich verringert. Auch die physikalische Bearbeitungszeit wird deutlich verringert.

Ausgestaltungen der Erfindung sind in Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 bis 3 schematische Querschnitte durch verschiedene Stadien des Herstellungsprozesses.

Gemäß Fig. 1 beginnt der Prozeß mit der an sich bekannten Herstellung von Feldisolationszonen 2 in einem Substrat 1. Üblicherweise wird dazu zunächst eine Nitridschicht auf dem Substrat ganzflächig aufgetragen und durch eine erste Maske, die mit einer Fototechnik erzeugt wird, und einen anschließenden Ätzschritt strukturiert. Daran schließt sich die Erzeugung der Feldisolationszonen, beispielsweise als Feldoxid an. Anschließend wird die Nitridschicht entfernt. Neben der konventionellen Technik mit Hilfe einer lokalen Oxidation (LOCOS) kann ein Oxid aus der Gasphase chemisch abgeschieden und strukturiert werden.

Es schließt sich die Erzeugung eines Gateoxids von typisch 15 nm Dicke sowie die Abscheidung einer Siliziumschicht an. Eine mit einer zweiten Fototechnik erzeugte zweite Maske in Verbindung mit einem weiteren Ätzschritt führt zu einer strukturierten Gateelektrode 3, die durch das Gateoxid 4 vom Substrat isoliert ist.

An die Strukturierung der Gateelektrode schließt sich typischerweise ein Oxidationschritt an, mit dem eine Oxidschicht von 10 nm ganzflächig erzeugt wird. Darüber wird mit Hilfe eines CVD-Verfahrens (chemische Abscheidung aus der Dampfphase) eine Isolationschicht konform abgeschieden, beispielsweise Tetraethylortosilikat, das anschließend anisotrop rückgeätzt wird, so daß seitliche Isolationsstege 5 neben der Gateelektrode stehen bleiben. Danach wird mit einer Lackmaske ein herzustellender Transistor definiert.

In dem Ausführungsbeispiel der Figuren sei ein NMOS-Transistor vorgesehen. Selbstverständlich können mit dem gleichen Verfahren auch PMOS-Transistoren hergestellt werden. Mit einer zweiten Lackmaske und entsprechend einem zweiten Verfahrensdurchlauf können CMOS-Transistoren hergestellt werden.

Die Maske L im Ausführungsbeispiel als Lackmaske hergestellt, definiert einen ersten Bereich 6, in dem der selbstjustierte Kontakt herzustellen ist und einen zweiten Bereich 7, in dem der dotierte Bereich vorgesehen ist.

In dem ersten Bereich 6 enthält die Lackmaske L eine Öffnung 10 zwischen zwei Feldisolationsgebieten. Die Öffnung 10 hat ein Aspektverhältnis, d. h. ein Verhältnis von Lackhöhe zu Öffnungsbreite, welches einen Aspektwinkel 20 definiert. Der Aspektwinkel 20 sei dabei der Winkel zwischen der Diagonalen 21 von einem Fußpunkt der Öffnung 10 zu einer gegenüberliegenden oberen Kante der Lackmaske und der Normalenrichtung auf das Halbleitermaterial. Dieser Aspektwinkel 20

wird gemäß der Erfindung so gewählt, daß ein vorgegebener, auf die Maskierungsschicht gerichteter Einfallstrahl 30 einen größeren Winkel 22 zur Normalenrichtung N auf das Halbleitermaterial einschließt als der Aspektwinkel 20. Damit wird gewährleistet, daß Einfallstrahlen 30 nicht auf den Bodenbereich der Öffnung 10 gelangen können.

Mathematisch gesehen wird die Öffnung so erzeugt, daß ihre Längsausdehnung zwischen zwei Fußpunkten auf der Halbleiteroberfläche höchstens gleich dem Produkt aus der Diagonalen zwischen einem der Fußpunkte einerseits und einem oberen Eckpunkt der Maskenöffnung andererseits und dem Cosinus eines Einfallswinkels zur Normalenrichtung N ist.

Im Bereich 7 ist die Lackmaske L so strukturiert, daß ein in der Fig. rechtsliegender Bereich 7a von der Lackmaske vollständig überdeckt ist. In diesem Bereich können beispielsweise durch die vorausgegangenen Prozeßschritte Feldisolations- und Gate-Strukturen 2 bis 5 erzeugt sein, die für einen in späteren Verfahrensschritten zu erzeugenden PMOS-Transistor vorgesehen sind. Im Bereich 7b, der für einen im Ausführungsbeispiel vorgesehenen NMOS-Transistor vorgesehen ist, enthält die Lackmaske L eine Öffnung zwischen zwei Feldisolationsgebieten, die einer Gateelektrodenstruktur im Abstand benachbart sind. Die Öffnung 11 wird einseitig durch einen Maskensteg 12 begrenzt, der zwischen zwei Feldisolationsgebieten im Bereich des für den NMOS-Transistors vorgesehenen Wannenkontaktes angeordnet ist. Es ist vorgesehen, daß der Maskensteg 12 zwei Feldisolationskanten sicher überlappt.

Der Erfindung liegt nun die Erkenntnis zugrunde, daß Gräben und Löcher wie die Öffnung 10 gemäß Fig. 1 mit einem gewissen minimalen Aspektverhältnis für schräge Implantierungen nahezu vollständig maskierend wirken, während Stege und Säulen, wie der Maskensteg 12, derartige Implantierungen nur unwesentlich maskieren.

Gemäß Fig. 1 wird im Anschluß an die Herstellung der Lackmaske L mit den beschriebenen Öffnungen bzw. Stegen 10 bis 12 eine schräge Implantation durchgeführt, wobei der Implantationswinkel dem Winkel 20 des Richtungsstrahls 30 entspricht und z.B. 25 Grad beträgt. Diese Implantation ist für einen Wannenbereich, d.h. den dotierten Bereich in dem zweiten Bereich 7b bzw. genauer 7b vorgesehen. Dazu werden Atome mit p-Leitfähigkeit, also z.B. Borionen mit einer Energie im Bereich von über 100 bis einige 100 keV, typisch 230 keV und einer Atomkonzentration von typisch 10^{13} implantiert. Als Implantationswinkel 22 können beispielsweise 25° vorgesehen sein.

Im Bereich 7b wirken die nicht durch die Maske abgedeckten Feldisolationsgebiete 2, die Gateelektrodenstruktur und der Maskensteg 12 gegenüber der Implantation nicht oder schwach maskierend, so daß eine tiefe Implantation einer p-Wanne 15 möglich ist. Die implantierten Atome gehen dabei in den Feldisolationsgebieten und der Gateelektrodenstruktur durch diese Gebiete hindurch in das Halbleitersubstrat, um die Wanne 15 zu formen.

In Vorversuchen hat sich herausgestellt, daß die Gateelektrodenstruktur und insbesondere das Gateoxid bei einer derartigen Implantation nicht oder nur so schwach beeinträchtigt werden, daß die spätere Transistorfunktion vollständig erhalten bleibt. Im Bereich des Lacksteges dringen die implantierten Ionen neben dem Steg in das Halbleitermaterial ein, so daß aufgrund der noch vorhandenen Restmaskierung des Maskenstegs 12

eine unscharfe Kontur im Wannenbereich entsteht. Diese Kontur reicht jedoch vollständig aus, um eine Wanne entsprechend gegebener Spezifikationen herzustellen.

Gemäß Fig. 2 wird anschließend der selbstjustierte Kontakt 40 hergestellt, der gleichzeitig mit Source-/Drainzonen 41 und 42 für den Transistor erzeugt wird. Dazu wird ein n-dotierendes Material in nahezu senkrechter Weise in die vorgegebene Struktur implantiert. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist eine Implantation von Arsen mit einer typischen Energie von etwa 40 keV und einer Konzentration von typisch $5 \cdot 10^{15}$ Atomen vorgesehen. Im Bereich der Öffnung 10 entsteht dabei der hochdotierte Kontaktbereich 40 zwischen den zwei angren-

zenden Feldisolationsgebieten, da in diesem Fall die Öffnung 10 der Maske L nicht maskierend wirkt. Im Bereich 7b bzw. der Öffnung 11 werden Source-/Drain-Zonen 41 und 42 erzeugt, die bei der gegebenen Implantationsenergie und Implantationsdosis durch die Isolationssteg 5 an der Gateelektrode 3 und die beidseitig von der Gateelektrodenstruktur liegenden Feldisolationsgebiete maskiert werden. Es entstehen deshalb selbstjustierte Kontakte 41 und 42.

Zu erwähnen ist, daß nach der Wannenimplantation eine zweite Implantation von p-dotierenden Atomen, d.h. Boratomen mit erheblich niedrigerer Energie als für die Wannenherstellung erfolgen kann. Mit dieser zweiten Bor-Implantation, die typischerweise bei 60 keV mit einer Dosis von $4 \cdot 10^{12}$ Atomen erfolgt, werden im Transistorbereich der Öffnung 11 die Einsatzspannung und die Durchbruchsfestigkeit des Transistors eingestellt. Die Implantationsenergie ist so zu wählen, daß die Reichweite der Borionen größer aber nicht wesentlich größer als die Dicke der Gateelektrode ist.

Gemäß Fig. 3 kann nach der Herstellung der Source-/Drain-Zonen sowie des selbstjustierten Kontaktes eine weitere schräge Implantation erfolgen, die in diesem Fall so gewählt wird, daß der Einfallswinkel der Implantationsrichtung größer ist als der Aspektwinkel 20. Diese Implantation erfolgt mit Phosphoratomen bei einer typischen Energie von 80 keV und einer Dosis von $3 \cdot 10^{13}$ Atomen. Die Implantation dient zur Erzeugung niedrig dotierter n-leitfähiger Zonen insbesondere im Zwischenbereich zwischen der Source-/Drain-Zone und der Kante der Gateelektrode 3. Diese Gebiete werden auch als LDD-Zonen (Lightly Doped Drain) bezeichnet.

Im Bereich des selbstjustierten Kontaktes wirkt die Öffnung 10 der Maske L für schräge Implantationen maskierend. Alternativ zur Schrägimplantation der LDD-Zonen gemäß Fig. 3 kann eine nahezu senkrechte Implantation vorgesehen sein. Dazu ist es jedoch erforderlich, vor der Implantation die Isolationssteg 5 neben der Gateelektrode durch eine isotrope Ätzung zu entfernen. Es ist unproblematisch, daß auch im Bereich des selbstjustierten Kontaktes 40 LDD-Zonen im Umfeld des Kontaktes entstehen.

Wie geschildert, folgen die Implantationen der n-leitfähigen Atome aufgrund der niedrigen verwendeten Energie und des gewählten kleinen bzw. senkrechten Implantationswinkels im wesentlichen den Masken- bzw. Feldisolationsflanken. Durch das Layout und das Aspektverhältnis der Maske ist es möglich, eine tiefe Wannenimplantation zu maskieren und mit derselben Maske eine flache Source-/Drain- bzw. Kontaktimplantation anzubringen, wobei der Kontakt 40 als Substrakt kontakt oder aber als Wannenkontakt für eine in nachfolgenden Prozeßschritten herzustellende Wanne dient. Mit den Maskenstegen 12 erzielt man einen umgekehr-

ten Effekt, d. h. die flache Source-/Drain-Implantation wird maskiert, während die tiefe Wannenimplantation nicht oder nur gering maskiert wird.

In einem Ausführungsbeispiel, in dem nachfolgend an die Herstellung des geschilderten NMOS-Transistors ein PMOS-Transistor oder ein derartiger Transistor allein hergestellt werden soll, wird im Anschluß an die Implantationsschritte gemäß Fig. 1 bis 3 die Maske L entfernt und eine zweite Maske aufgebracht, die derart strukturiert wird, daß im Bereich des Maskenstegs 12 eine der Öffnung 10 entsprechende Öffnung vorgesehen ist, daß der Bereich der Öffnung 11 maskiert ist, während der Bereich 7a unmaskiert bleibt. Im Bereich der gemäß Fig. 1 bis 3 vorgesehenen Öffnung 8 wird ein Maskensteg vorgesehen, der die Kanten der an den Kontakt 40 angrenzenden Feldisolationszonen sicher überdeckt. Es schließen sich ähnlich Implantations schritte mit ähnlichen Implantationswinkeln an, wie anhand der Fig. 1 bis 3 erläutert, mit dem Unterschied jedoch, daß anstelle von p-dotierenden Atomen nunmehr n-dotierende Atome implantiert werden und umgekehrt. Beispielsweise wird für die Wannenimplantation Phosphor mit einer Energie von typisch 500 keV und einer Dosis von $1 \cdot 10^{13}$ Atomen unter 25° implantiert. Es kann sich eine Phosphorimplantation zur Einstellung der Durchbruchfestigkeit von typisch 230 keV und einer Dosis von 1,0 1012 Atomen und eine Borimplantation zur Einstellung der PMOS-Einsatzspannung von typisch 60 keV, $3,0 \cdot 10^{12}$ Atomen anschließen. Danach werden die Source-/Drain-Zonen und der Wannenkontakt für die Wanne 15 durch eine Implantation von Bor von typisch 10 keV und $5 \cdot 10^{15}$ Atomen erzeugt.

Patentansprüche

35

1. Verfahren zur Herstellung eines selbstjustierten Kontakts und eines dotierten Bereichs in einem Halbleitermaterial,

- bei dem eine Maskierungsschicht auf dem Halbleitermaterial aufgebracht und derart strukturiert wird, daß
- in einem ersten Bereich (6), in dem der Kontakt (40) vorgesehen ist, eine Öffnung (10) mit einem Aspektverhältnis so gebildet wird, daß der Aspektwinkel (20) zwischen einer Diagonalen (21) und der Normalen (N) auf das Halbleitermaterial (1) kleiner ist als ein auf die Maskierungsschicht (L) gerichteter Einfallsinkel (22), und
- in einem zweiten Bereich (7b) in dem der dotierte Bereich (15) vorgesehen ist, ein Steg (12) der Maskierungsschicht verbleibt,
- bei dem der dotierte Bereich durch eine schräge Implantation (30) von Atomen einer ersten Leitfähigkeit unter dem Einfallsinkel (22) als Implantationswinkel erzeugt wird, und
- bei dem der Kontakt (40) durch eine im wesentlichen senkrechte Implantation von Atomen einer zweiten Leitfähigkeit hergestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Maskierungsschicht (L) Feldisolationsgebiete (2) und/oder eine strukturierte Gateelektrode (3) auf einem Gateoxid (4) hergestellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Steg (12) der Maskierungsschicht die Kanten zweier angrenzender Isolationsgebiete überlappt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Lackmaske aufgebracht und strukturiert wird, so daß im zuvor durch den Steg (12) abgedeckten Bereich (50) eine Öffnung mit dem Aspektverhältnis (20) und der zuvor geöffnete Bereich (10) durch eine die angrenzenden Feldoxidbereiche sicher umfassende Maske abgedeckt ist,

- bei dem ein implantierter Bereich durch schräge Implantation von Atomen des zweiten Leitfähigkeits Typ unter dem Einfallsinkel (22) als Implantationswinkel erzeugt wird, und
- bei dem der Kontakt (50) durch eine im wesentlichen senkrechte Implantation von Atomen einer ersten Leitfähigkeit hergestellt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

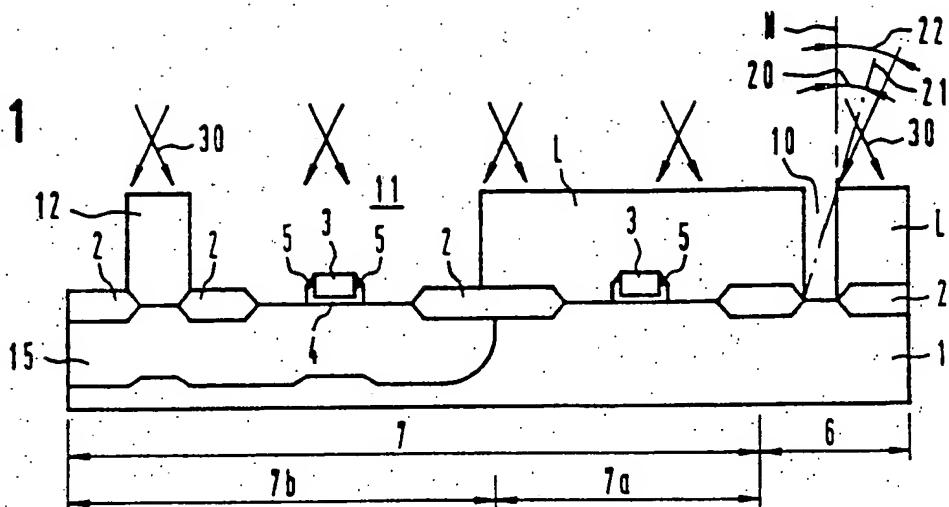


FIG. 2

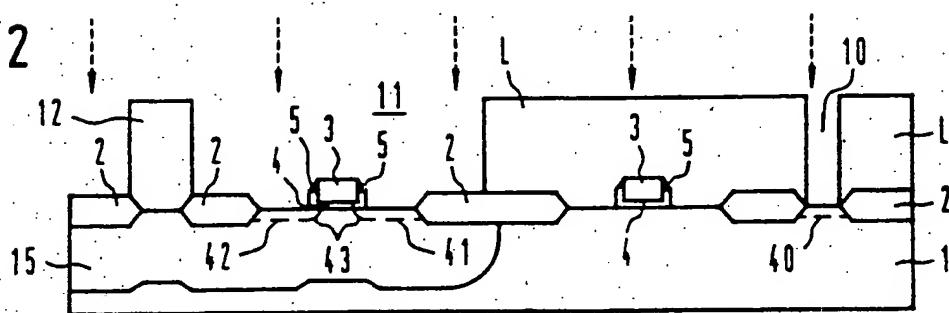


FIG. 3

